

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 35 544 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 04 N 5/253**  
H 04 N 5/91  
H 04 N 9/79

⑳ Aktenzeichen: 196 35 544.3  
㉑ Anmeldetag: 2. 9. 96  
㉒ Offenlegungstag: 5. 3. 98

DE 196 35 544 A 1

㉑ Anmelder:

Gamp, Werner, Prof.Dr. rer.nat., 88250 Weingarten,  
DE; Koch, Wilfried, Prof. Dr.-Ing., 73447 Oberkochen,  
DE

㉒ Erfinder:

gleich Anmelder

⑤4 Verfahren zur Verbesserung der Bildqualität beim Transfer von Kino- und Schmalfilmen auf Videomaterial

- ⑤7 Eine einfache Methode für den Transfer von Bewegungsfilm (Kinofilm, Schmalfilm) auf Videomaterial basiert auf einer direkten optischen Kopie: der vom Filmprojektor projizierte Film wird von einer Videokamera aufgenommen. Diese Methode erfordert nur eine relativ preiswerte Geräteausrüstung. Allerdings sind die dabei erhaltenen Ergebnisse durch verschiedene Effekte negativ beeinträchtigt. Die auffälligsten dieser Störeffekte sind:
- 1) Das Flimmern, hervorgerufen durch fehlende Synchronisation von Projektionseinrichtung und Abtasteinrichtung (Videokamera).
  - 2) Eine als "Hot Spot" bekannte ungleichmäßige Helligkeitsverteilung. Selbst bei gleichmäßiger Helligkeitsverteilung des Aufnahmegegenstands erscheint das Videobild in der Mitte heller als am Rande. Hervorgerufen wird dieser Fehler durch Qualitätsmängel der meist verwendeten preiswerten Optiken.
  - 3) Beeinträchtigungen durch Staub auf dem Filmmaterial.
- Gegenstand dieser Patentanmeldung ist ein Verfahren, mit dem diese Störeffekte weitgehend eliminiert werden können.

DE 196 35 544 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
BUNDESDRUCKEREI 01. 98 702 070/477

9/24

## Beschreibung

## 1. Umfeld

5 Eine einfache Methode für den Transfer von Bewegtbildern (Kinofilm, Schmalfilm) auf Videomaterial basiert auf einer direkten optischen Kopie: der vom Filmprojektor projizierte Film wird von einer Videokamera aufgenommen.

10 Diese Methode erfordert nur eine relativ preiswerte Geräteausrüstung. Allerdings sind die dabei erzielten Ergebnisse durch verschiedene Effekte negativ beeinträchtigt. Die auffälligsten dieser Effekte sind:

1. Das Flimmern, hervorgerufen durch fehlende Synchronisation von Projektionseinrichtung und Abtasteinrichtung (Videokamera).
- 15 2. Eine als "Hot Spot" bekannte ungleichmäßige Helligkeitsverteilung. Selbst bei gleichmäßiger Helligkeitsverteilung des Aufnahmegegenstands erscheint das Videobild in der Mitte heller als am Rande. Hervorgerufen wird dieser Fehler durch Qualitätsmängel der meist verwendeten preiswerten Optiken.
3. Beeinträchtigungen durch Staub auf dem Filmmaterial.

## 2. Kompensation des Flimmerns

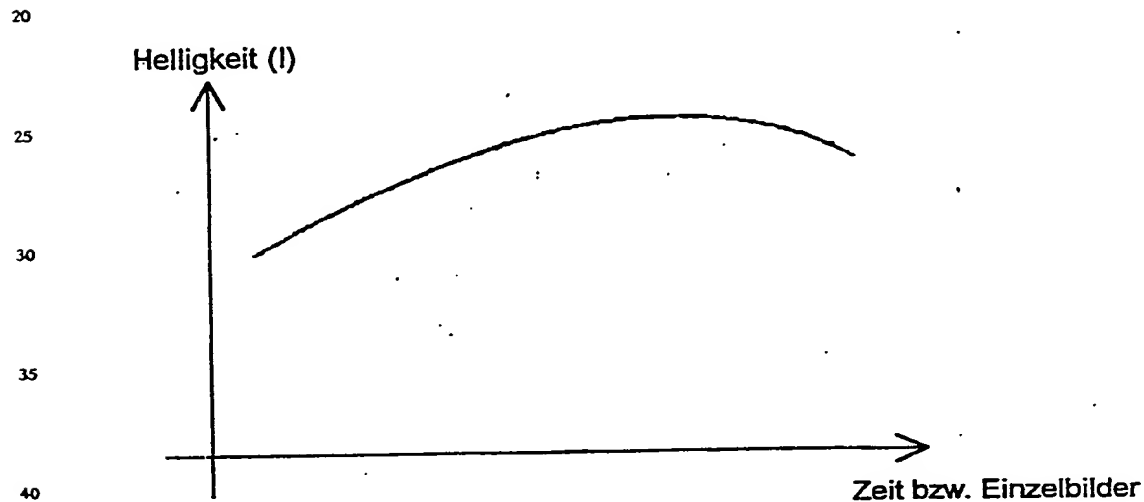
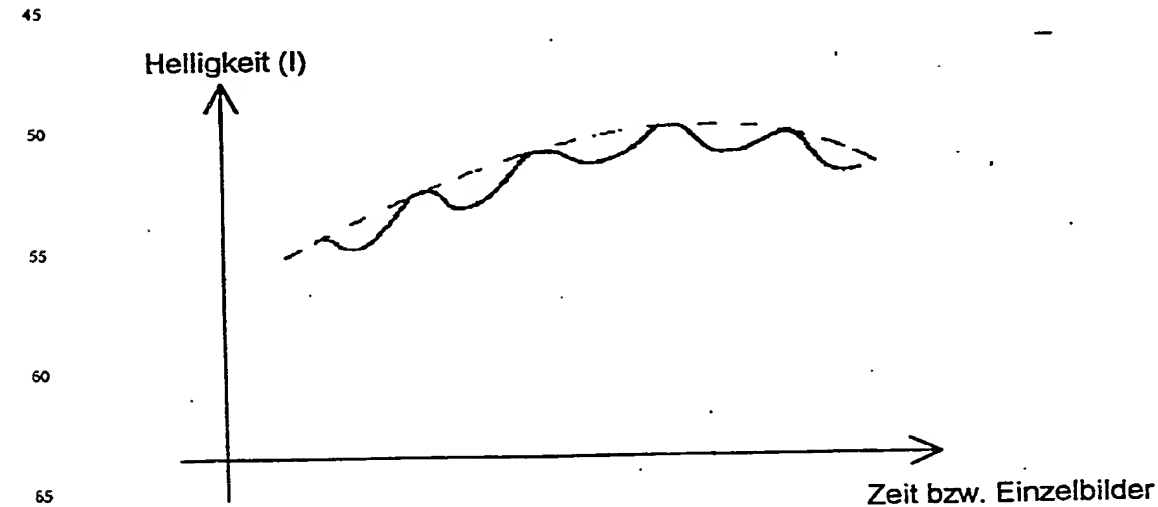


Bild 1: Verlauf der Helligkeit bzw. Intensität einer Farbkomponente im Originalfilmmaterial.



**Bild 2:** Prinzipieller Verlauf der Helligkeit bzw. Intensität einer Farbkomponente im durch Transfer erzeugten Video.

Ein Film, dessen originale mittlere Helligkeit gemäß Bild 1 verläuft, weist nach der optischen Videoubertragung vor der Korrektur einen Helligkeitsverlauf nach Bild 2 auf.

Dieser Verlauf ist die Folge der Nichtsynchronität von Projektion und Videoabtastung. Im Amateurbereich erfolgt die Projektion z. B. mit 18 Bildern/s, wobei jedes projizierte Bild meist dreimal durch die Sektorenblende unterbrochen wird. Die Projektionsfrequenz beträgt dann scheinbar 54 B/s. Das Videosignal hingegen besitzt 50 (PAL-Europa) oder 60 Halbbilder/s. Diese Differenz führt zu einem Flimmern.

Ähnliche Verläufe wie in Bild 2 ergeben sich auch bei der separaten Betrachtung der Intensität der einzelnen Farbkomponenten rot, grün und blau.

Ziel des Verfahrens ist es, aus dem Helligkeitsverlauf nach Bild 2 den Helligkeitsverlauf nach Bild 1 zu rekonstruieren. Die Rekonstruktion kann ausschließlich auf Luminanzbasis oder für die drei Farbkomponenten getrennt erfolgen.

Das grundsätzliche Vorgehen ist für die Luminanzkorrektur und die Korrektur in den einzelnen Farbkomponenten gleich. Zur Vereinfachung der Darstellung wird im folgenden nur noch von einer Korrektur der Luminanz (Helligkeit) gesprochen, auch wenn eine Korrektur der drei Farbkomponenten durchgeführt wird! Die Helligkeitsverteilung eines Bildes kann durch ein Summenhäufigkeitsdiagramm beschrieben werden. Ausgangspunkt für die Korrektur sind die Summenhäufigkeitsdiagramme für die Helligkeitswerte der Einzelbilder.

Die transferierten Bilder in den lokalen Maxima  $M_k$  bilden die Basis der Korrektur. Zur Korrektur der Zwischenbilder wird deren Helligkeitsverteilung per Interpolation an die Helligkeitsverteilungen der benachbarten lokalen Maxima angepaßt. Diese Interpolation kann in einfacher Form linear, aber auch in jeder anderen technisch sinnvollen Weise (Parabel, Splines usw.) erfolgen.

Alternativ kann das Verfahren statt auf den lokalen Maxima auch auf den lokalen Minima basiert werden. Die folgende Darstellung ist für die Verwendung lokaler Maxima als Referenzwerte ausgeführt. Sie gilt sinngemäß in gleicher Weise für lokale Minima.

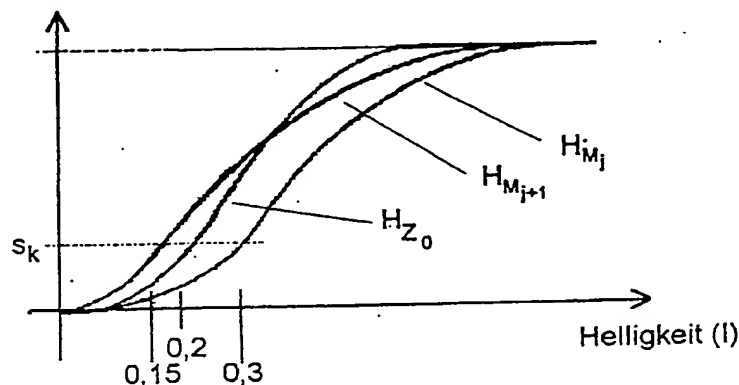
Der Ablauf der Flimmerkorrektur ist folgender (aus Gründen besserer Darstellbarkeit wird vorerst ein kontinuierlicher Verlauf der Summenhäufigkeitsfunktion angenommen):

1. Für den Film (Rohmaterial) wird die Flimmerfrequenz ermittelt. Darauf aufbauend werden die lokalen Helligkeitsmaxima bestimmt. Dabei ist eine begleitende Plausibilitätsbetrachtung auf der Basis der sich höchstens langsam ändernden Flimmerfrequenz vorzusehen: der zeitliche Abstand der zur Korrektur verwendeten lokalen Maxima muß ungefähr der Periodendauer des Flimmerns entsprechen.
2. Für jedes lokale Maximum  $M_i$  wird die Summenhäufigkeitsverteilung  $H_{M_i}$  der Helligkeit (ggf. der 3 Farbkomponenten) ermittelt.
3. Für ein Bild  $Z_0$  zwischen den lokalen Maxima  $M_j$  und  $M_{j+1}$  wird die Summenhäufigkeitsverteilung der Helligkeit (ggf. der 3 Farbkomponenten) ermittelt.
4. Die Differenz zwischen der Summenhäufigkeitsverteilung der Helligkeit (ggf. der 3 Farbkomponenten) des Zwischenbilds  $Z_0$  und seiner benachbarten lokalen Maxima  $M_j$  und  $M_{j+1}$  wird ermittelt. Anschließend wird  $Z_0$  korrigiert.

Beispiel für die Korrektur mit linearer Interpolation (Ausgangsdaten s. Bild 3) auf dem Niveau  $s_k$  des Summenhäufigkeitsdiagramms:

$H_{M_j}(I)$  sei die Summenhäufigkeitsfunktion des lokalen Maximumbildes  $M_j$ . Die Bezeichnung der Summenhäufigkeitsfunktionen anderer Bilder erfolgt sinngemäß in der gleichen Weise.  $H_{M_j}(I) = s$  besagt, daß  $s$  der Anteil aller Punkte von  $M_j$  ist, deren Intensität geringer als der Wert  $I$  ist. Die Umkehrfunktion von  $H_{M_j}(I)$  sei  $N_{M_j}(s)$ .

Summenhäufigkeit (H)



**Bild 3:** Summenhäufigkeitsdiagramme für zwei benachbarte lokale Maxima und ein von diesen lokalen Maxima eingeschlossenes Zwischenbild (frei angenommene Werte, Grundlage für das im Text dargestellte

Berechnungsbeispiel).

Aus Bild 3 kann man folgende Werte entnehmen:

Intensität auf Niveau  $s_k$

5	unkorrigiertes Zwischenbild $Z_0$	20%	$N_{Z_0}(s_k) = 0,2$
	lokales Maximum $M_j$	30 %	$N_{M_j}(s_k) = 0,3$
10	lokales Maximum $M_{j+1}$	15 %	$N_{M_{j+1}}(s_k) = 0,15$

15 Der Abstand zwischen  $M_j$  und  $M_{j+1}$  betrage  $m = 7$  Bilder, der Abstand zwischen  $M_j$  und  $Z_0$  betrage  $n = 5$  Bilder.

Im Zwischenbild des Beispiels werden Punkte der Intensität 20% wie folgt korrigiert:

$$N_{Z_k}(s_k) = ((m - n) \cdot N_{M_j}(s_k) + n \cdot N_{M_{j+1}}(s_k)) / m \quad (1)$$

20 Ursprünglich im Bild  $Z_0$  vorhandene Intensitätswerte von 20% (bzw. 0,2) werden also durch den neu ermittelten Wert  $N_{Z_k}(s_k)$  ersetzt (im speziellen Fall 0,193).

Um aus dem ursprünglichen Zwischenbild  $Z_0$  das korrigierte Zwischenbild  $Z_k$  zu ermitteln ist in dieser Weise die Korrektur für sämtliche Intensitätswerte in allen Farbkomponenten durchzuführen.

25 5. Die Schritte 2. bis 4. werden für jedes Zwischenbild durchgeführt.  
6. Am Szenenanfang und am Szenenende erfolgt die Flimmerkompensation im einfachsten Fall nur bezüglich eines lokalen Maximums. Dieses liegt am Szenenanfang zeitlich nach dem zu korrigierenden Bild, am Szenenende liegt es davor. Die Berechnung erfolgt dann wie folgt:

$$30 \quad N_{Z_k}(s_k) = N_{M_j}(s_k) \quad (2)$$

Des weiteren gelten die Aussagen unter 4. sinngemäß.

35 Alternativ kann die Korrektur am Szenenanfang bezüglich der beiden ersten Maxima der Szene erfolgen (am Szenenende bezüglich der beiden letzten). Die Berechnung erfolgt sinngemäß wie unter 4. Es ist lediglich für  $n$  ein negativer Wert einzusetzen.

Bei den meisten technischen Realisierungen dieses Verfahrens wird die Summenhäufigkeit als diskrete Funktion gegeben sein (diskrete Anzahl Bildpunkte, diskrete Anzahl Intensitätsstufen).

40 Diese diskrete Funktion wird durch lineare Interpolation in eine kontinuierliche Funktion übergeführt und zwar sowohl für die Referenz- als auch für die Zwischenbilder. Korrekturwerte  $N_{Z_k}(s_k)$  sind dann nicht mehr für beliebig viele Häufigkeitsniveaus sondern nur noch für jede Intensitätsstufe des Zwischenbildes zu ermitteln. Die Berechnung erfolgt gemäß (1). Das auf diese Weise erhaltene Ergebnis wird auf den nächstliegenden, aufgrund der Diskretisierung zulässigen Wert gerundet.

45 Zur Vermeidung der Addition von Rundungsfehlern kann statt der punktorientierten eine integrierende Berechnung erfolgen. An die Stelle von (1) tritt dann (3).

$$N_{Z_k}(s_k) = ((m - n) \cdot N^*_{M_j}(s_k) + n \cdot N^*_{M_{j+1}}(s_k)) / m \quad (3)$$

50 Das darin auftretende  $N^*_{M_j}(s_k)$  kann beispielsweise nach (4) ermittelt werden.

$$55 \quad N^*_{M_j}(s_k) = N_{Z_0}(s_k) + \frac{2}{(s_{k+1} - s_{k-1})} \cdot \int_{(s_k + s_{k-1})/2}^{(s_k + s_{k+1})/2} (N_{M_j}(s) - N_{Z_0}(s)) \cdot ds \quad (4)$$

$N^*_{M_{j+1}}(s_k)$  wird sinngemäß wie  $N^*_{M_j}(s_k)$  ermittelt

### 60 3. Kompensation des Hotspots

Der Hotspot äußert sich in einem Helligkeitsabfall an den Rändern, insbesondere in den Ecken. Das nachfolgend beschriebene Verfahren gleicht ihn durch Anwendung einer ortsabhängigen Korrekturfunktion  $D(x,y)$  aus. Entsprechend der Rotationssymmetrie der beteiligten optischen Systeme wird für  $D(x,y)$  angenommen, daß diese Funktion nur vom Abstand  $r$  zum Symmetriezentrum des Hotspots abhängt. Normalerweise liegt dieses Zentrum in der Bildmitte. Abweichungen deuten auf fehlerhafte Justage hin und werden weiter unten behandelt.

Das Verfahren zur Hotspot-Kompensation basiert auf einem Ansatz für die Korrekturfunktion  $D$ . Dabei sind verschiedene Modelle für die Abhängigkeit von  $r$  möglich, z. B. ein Potenzverhalten oder ein Verhalten nach

einer Cosinus-Potenz. Gute Resultate lassen sich bereits mit dem Ansatz  $D = a \cdot r^2 = a \cdot (x^2 + y^2)$  gewinnen. Der Nullpunkt des x,y-Koordinatensystems wird dabei in der Bildmitte angenommen. Die Korrekturfunktion läßt sich aus folgenden Arten von Bildmaterial berechnen:

1. Längerer Abschnitt eines vorliegenden Films. In diesem Fall wird automatisch eine eventuelle ungleichmäßige Helligkeitsverteilung der Filmkamera mitkorrigiert.
2. Kurze Aufnahme des leeren Bildes (Projektion ohne eingelegten Film), im Extremfall nur ein Einzelbild.

Die Hotspot-Kompensation läuft in beiden Fällen folgendermaßen ab:

1. Zunächst wird aus dem Video ein Bild  $B_v$  als Zeitmittelwert der Einzelbilder des Videos berechnet. Bei Verwendung von realem Filmmaterial kann man davon ausgehen, daß die in gleicher Weise zu einem Bild  $B_0$  gemittelte Original-Szenenfolge keine horizontale Struktur gezeigt hat — sofern die Mittelung nur über einen genügend langen Zeitabschnitt erfolgt.  $B_0$  wird aber im allgemeinen noch eine vertikale Struktur besitzen (bedingt z. B. durch hellen Himmel bei Außenaufnahmen oder helle Wände bei Innenaufnahmen). Die Helligkeitsverteilung des gemittelten Originalbildes  $I_0(x,y)$  ist also von x unabhängig:

$$I_0(x,y) = I_0(y) \quad (5)$$

Liegt eine Leeraufnahme mit nur einem Einzelbild vor, tritt dieses Einzelbild an die Stelle des gemittelten Bildes und  $I_0$  ist auch unabhängig von y.

2. Das gemittelte Videobild  $B_v$  besitzt als Folge des Hotspot-Effekts in jeder Zeile einen Helligkeitsabfall zu den Rändern hin (Bild 4) und eine ungleichmäßige Helligkeitsverteilung  $I_v(x,y)$ . Mit einem Ausgleichsverfahren kann aus  $I_v$  die Korrekturfunktion  $D(r)$  berechnet werden, welche den Helligkeitsverlauf aller Zeilen von  $B_v$  am besten approximiert. Bei Verwendung der Gaußschen Methode der kleinsten Quadrate erhält man z. B. folgendes Extremwertproblem für die unbekannten Zeilenhelligkeiten  $I_0(y)$  und die Funktion  $D(r)$ :

$$\sum_{xy} [I_v(x,y) - I_0(y) + D(x^2 + y^2)]^2 = \min \quad (6)$$

Da Punkte in Randnähe am empfindlichsten auf den Hotspot-Effekt reagieren, können sie bei der Ausgleichsrechnung wahlweise auch höher gewichtet werden. Liegt eine Leeraufnahme vor, ist  $I_0$  eine von y unabhängige Konstante.

3. Die im vorangehenden Schritt bestimmte Korrekturfunktion  $D$  wird auf jedes Video-Einzelbild additiv angewendet. Ist die Gesamtkennlinie des Videosystems (Kamera und Aufzeichnungssystem) bekannt, kann die Korrektur noch berücksichtigen, daß in der Regel dunklere Pixel eine kleinere Korrektur erfordern als helle.

4. Bisher wurde davon ausgegangen, daß das Maximum des Hotspots exakt in der Bildschirmmitte liegt. Ein Versatz des Hotspots durch Justagefehler während des Videotransfers führt zu einer horizontalen Asymmetrie des gemittelten Videobildes  $B_v$ . Er kann gegebenenfalls wie oben durch Ausgleich mit einer geeigneten Funktion wie z. B.  $D(r) = a \cdot ((x - x_0)^2 + (y - y_0)^2)$  bestimmt und korrigiert werden.

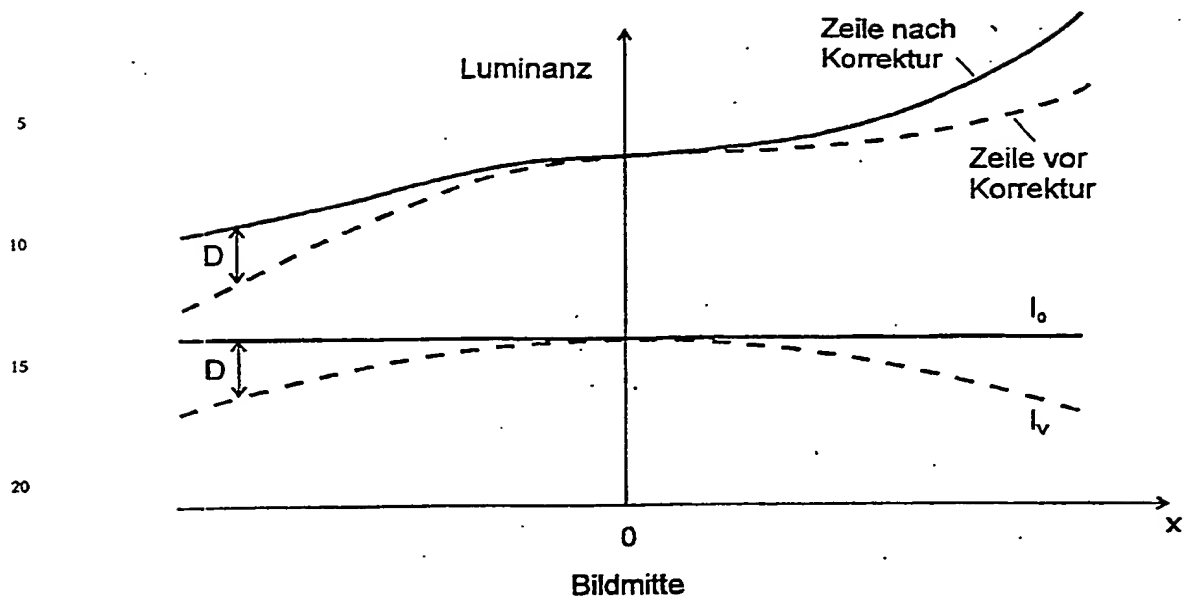


Bild 4: Einzelne Zeile bei Hotspot-Korrektur.

## 4. Elimination von Bildstörungen durch Staubpartikel auf dem Filmmaterial

Staubpartikel sind auf Filmmaterial in großer Zahl vorhanden, insbesondere im Amateurbereich. Charakteristisch an Verschmutzungen durch Staubpartikel ist, daß in einem Bild ein beinahe schwarzes Pixel an einer Stelle erscheint, die weder im Vorgänger- noch im Nachfolgerbild dunkel ist. Sie lassen sich auf dem Videoband wie nachstehend beschrieben weitgehend eliminieren.

Das Verfahren untersucht alle Bereiche eines Einzelbildes, die einen bestimmten einstellbaren Luminanz-Schwellenwert unterschreiten. Für jeden solchen Bereich wird geprüft, ob er sowohl im Vorgänger- als auch im Nachfolgerbild oberhalb des Schwellenwertes lag. Ist dies der Fall, wird er mit dem arithmetischen Mittelwert der RGB-Werte aus den beiden Nachbarbildern gefüllt. Andernfalls bleibt er unverändert.

Beispiel für den Rot-Anteil eines Bildpunktes bei Schwellenwert 0,05:

Bildnr.	Rot-Anteil	Luminanzwert
i	0,19	0,40
i+1	0,22	0,50
i+2	0,02	0,04
i+3	0,26	0,55

Im Bild 1+2 wird an dieser Stelle der Luminanzschwellenwert unterschritten und daher der Rot-Anteil auf 0,24 korrigiert.

Die Mittelwertbildung auf der Basis zweier benachbarter Bilder stellt die einfachste Lösung der rechnerischen Schmutzbeseitigung dar. Weitere Möglichkeiten sind:

1. Übernahme des RGB-Wertes direkt vom Vorgänger- oder Nachfolgerbild.
2. Lineare Interpolation auf der Basis von zwei einseitig benachbarten Bildern (z. B. Vorgänger- und Vorvorgängerbild).
3. Die nichtlineare Interpolation auf der Basis von mehr als zwei einseitig oder beidseitig benachbarten Bildern.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompensation von Bildfehlern, die bei auf Videomaterial transferierten Schmalfilmen in Gestalt von Hot-Spot, Bildflimmern und Verschmutzungen auftreten gemäß Beschreibung (Abschnitte 2 bis

- 4).
2. Verfahren zur Elimination des Bildflimmerns beim optischen Videotransfer gemäß Beschreibung (Abschnitt 2), gekennzeichnet dadurch, daß Bilder unter Verwendung der Summenhäufigkeitskurven der Helligkeit bzw. der Farbkomponenten aufgehellt oder abgedunkelt werden.
3. Verfahren nach 2, bei dem eine Aufhellung bzw. Abdunkelung durch lineare Interpolation zwischen den Summenhelligkeitskurven benachbarter Helligkeitsmaxima bzw. -minima erfolgt. 5
4. Verfahren nach 2, bei dem statt der linearen Interpolation eine nichtlineare Interpolation eingesetzt wird.
5. Verfahren zur Hot-Spot-Elimination gemäß Beschreibung (Abschnitt 3), gekennzeichnet dadurch, daß der Hot-Spot aufgrund eines horizontalstrukturfreien Hilfsbildes mittels einer rotationssymmetrischen Ausgleichsfunktion eliminiert wird. 10
6. Verfahren wie unter 5., gekennzeichnet dadurch, daß das horizontalstrukturfreie Hilfsbild durch zeitliche Mittelung des Rohfilmmaterials gewonnen wird.
7. Verfahren wie unter 5., gekennzeichnet dadurch, daß das horizontalstrukturfreie Hilfsbild durch Leerprojektion oder durch Projektion neutralen Vorspannmaterials gewonnen wird.
8. Verfahren nach 5., 6. oder 7., gekennzeichnet dadurch, daß Asymmetrien des gemittelten Videobildes erkannt und in der Ausgleichsrechnung zur Korrektur eines Mittenversatzes zwischen Projektions- und Aufnahmeachse berücksichtigt werden. 15
9. Verfahren nach 5., 6., 7. oder 8., gekennzeichnet dadurch, daß als Ausgleichsfunktion ein Rotationsparaboloid verwendet wird.
10. Verfahren nach 5., 6., 7. oder 8., bei denen die Randpunkte bei der Ausgleichsrechnung höher gewichtet werden. 20
11. Verfahren wie 9., jedoch gekennzeichnet dadurch, daß als Ausgleichsfunktion eine beliebige räumliche, zur Bildachse punktsymmetrische Funktion eingesetzt wird.
12. Verfahren zur rechnerischen Entfernung von Verschmutzungen laut Beschreibung (Abschnitt 4), gekennzeichnet dadurch, daß ein Bild aufgrund seiner Nachbarbilder korrigiert wird, sofern einzelne Bildbereiche nur im betrachteten, nicht aber im vorhergehenden und nachfolgenden Bild eine Helligkeitsschwelle unterschreiten. 25
13. Verfahren nach 12., gekennzeichnet dadurch, daß die Korrektur aufgrund nur eines Nachbarbildes erfolgt.
14. Verfahren nach 12., gekennzeichnet dadurch, daß die Interpolation des Korrekturwerts nichtlinear erfolgt und mehr als 2 Bilder zur Korrektur herangezogen werden. 30
15. Verfahren nach 1. bis 14. einzeln oder in ihrer Gesamtheit auf einem Digitalrechner implementiert.
16. Verfahren nach 1. bis 14. einzeln oder in ihrer Gesamtheit auf einem Personal Computer (PC) unter Verwendung einer Video-Digitalisierungskarte implementiert.
17. Verfahren nach 1. bis 14. einzeln oder in ihrer Gesamtheit in einer speziellen analogen, digitalen oder hybriden elektronischen Schaltung implementiert. 35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**